

反应温度对生活垃圾淋滤反应的影响研究

钱超, 王风庆, 李晨彬, 金慧宁, 余玉麟, 屈阳, 刘辉
(江苏维尔利环保科技股份有限公司, 江苏常州 213125)

摘要: 利用淋滤反应器对破碎后的城市生活垃圾(MSW)进行处理,通过控制反应器内部温度分别在25、35、45℃条件下,对淋滤液指标及固相减量化效果进行试验研究。结果表明,随着温度的提高,淋滤液COD、VFA以及VS/TS值均不断提高,pH值不断降低。分析3种温度条件的变化趋势发现,温度从25℃上升到35℃过程中,淋滤液COD、VFA、TS和VS/TS值上升较明显,而温度从35℃上升到45℃时这种变化趋势减缓。对淋滤固相减量研究发现,35℃条件下减量效果较好,此时垃圾湿质量减量率为51.40%、TS减量率为27.10%、VS减量率为30.65%。

关键词: 生活垃圾; 淋滤; 温度; 减量

中图分类号: TU993.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)19-0106-04

Effects of Temperature on Municipal Solid Waste Biological Hydrolysis Reactor

QIAN Chao, WANG Feng-qing, LI Chen-bin, JIN Hui-ning, YU Yu-lin,
QU Yang, LIU Hui

(Jiangsu WELLE Environmental Co. Ltd., Changzhou 213125, China)

Abstract: A biological hydrolysis reactor was used to treat the shredded municipal solid waste (MSW). The characteristics of the leachate and the MSW reduction rate were studied by controlling the temperature inside the reactor. The temperature was tested at 25℃, 35℃ and 45℃. The results showed that, COD, VFA, and VS/TS of the leachate increased and pH decreased with the increase of temperature. The analysis of the indicators under three temperature conditions revealed that, COD, VFA, TS and VS/TS increased significantly from 25℃ to 35℃, and moderately from 35℃ to 45℃. The reduction rate of dewatered solid peaked at 35℃, under which the reduction rate of wet weight, TS, and VS were 51.40%, 27.10%, and 30.65%, respectively.

Key words: municipal solid waste; leaching; temperature; reduction

城市生活垃圾大量增加,在日趋紧张的土地资源面前,卫生填埋的压力越来越大,对生活垃圾的分类、收集、处理以及回收利用的水平要求越来越高。目前国际上对生活垃圾的处理通常以焚烧与填埋为主,许多欧洲国家如荷兰、德国、瑞士等,焚烧处理所占比重较大;日本拥有世界上数量最多的生活垃圾焚烧处理厂,焚烧比例接近其垃圾总量的80%以上^[1]。目前我国对垃圾的处理能力小,处理设施技

术水平低,主要以卫生填埋为主,存在较大的污染隐患^[2]。但是随着国家对城市生活垃圾处理问题的重视,我国城市生活垃圾的无害化处理率也逐年攀升,这对我国的城市生活和环境保护起到了极大的促进作用^[3]。

由于我国生活垃圾的成分复杂导致不管是用填埋、焚烧或是其他处理方法均存在一定的问题,因此城市生活垃圾综合处理技术,即将填埋和焚烧等技

术的优点有机结合为一体的技术可使垃圾得到合理处理,资源得到充分回收利用,处理效率高,同时又避免了单一处理的缺点^[4]。笔者采用机械生物反应器处理生活垃圾,通过淋滤反应将其中固相有机质转化到液相,剩余固渣含水率低,可用于填埋或焚烧,淋滤液进入厌氧系统进行厌氧产沼,以达到资源化和减量化。试验主要考察反应器内部温度(25、35、45℃)对淋滤效果的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料

城市生活垃圾是由常州市生活垃圾废弃物处理中心提供的新鲜生活垃圾,其中有机物占39%、橡塑类占20%、木竹类占2%、纸类占12%、纺织类占5%、金属占1%、惰性物料占12%、复合材料占9%,百分含量均为湿基含量。原始垃圾的TS为47.75%、VS/TS值为56.59%、密度为415 kg/m³,其中VS为干基可燃物。

将喷入生物水解淋滤反应器的液体称为淋滤原液。试验采用厌氧出水作为淋滤原液,其COD为3 780 mg/L、VFA为169 mg/L、pH值为7.38。

试验装置包括破碎机、淋滤反应器、转鼓格栅机、淋滤液收集槽、淋滤原液储罐以及螺旋压榨机等。

1.2 试验方法

工艺流程如图1所示。

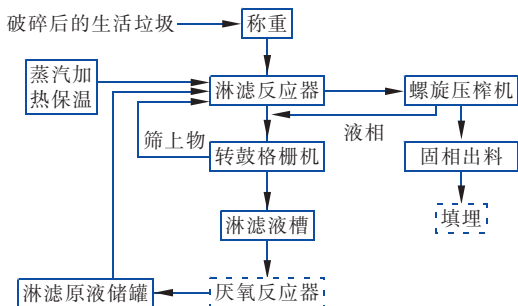


图1 工艺流程

Fig.1 Flow chart of process

破碎后的生活垃圾进入反应器中,淋滤原液通过螺杆泵间歇地均匀喷淋在物料表面,产生的淋滤液进入淋滤液储槽,然后通过螺杆泵进行循环喷淋。停留2 d后固相物料经由挤压脱水机脱水处理后填埋,淋滤液则进入厌氧系统作后续处理,部分厌氧出水作为淋滤原液,其余的则作进一步达标处理。

经破碎后的生活垃圾进入淋滤反应器内,反应

参数控制如下:垃圾进料量约为2 t/次;淋滤原液采用厌氧出水;淋滤原液总水量与生活垃圾质量比为2:1;生活垃圾淋滤停留时间为2 d;淋滤反应器转速为2 r/min;间歇喷淋,可以通过PLC实现;采用蒸汽加热的方式对淋滤反应器加热并对反应器保温,利用温度在线监测仪实时监测反应器内部的温度,试验考察的温度分别为25、35、45℃。

在淋滤液储槽内,用特制取样装置每天平均取3次淋滤液水样进行测定,测试指标主要有pH值、TS、VS、COD和VFA。出渣则在出渣当时取样,测试TS和VS。COD和VFA采用HACH替代试剂比色法测定;TS采用重量法测定;VS采用灼烧法(马福炉)测定;pH值采用笔式pH计测定。

2 结果与讨论

2.1 淋滤液性质

2.1.1 COD

反应器内部温度为25、35、45℃时,淋滤液COD值的变化见图2。可知,在不同的反应温度下,淋滤液的COD值都出现较大的波动,这可能是由于每批次原始生活垃圾成分复杂且不均质,致使淋滤液短期性质不稳定导致的。在25、35、45℃下,COD均值分别为34 542.86、42 620、44 060.71 mg/L,均远高于淋滤原液的COD值(3 780 mg/L),说明生活垃圾中的部分有机质进入到淋滤液中。随着反应温度的升高,淋滤液的COD值也逐渐升高,生活垃圾中有机质更容易水解酸化并溶入淋滤液中。

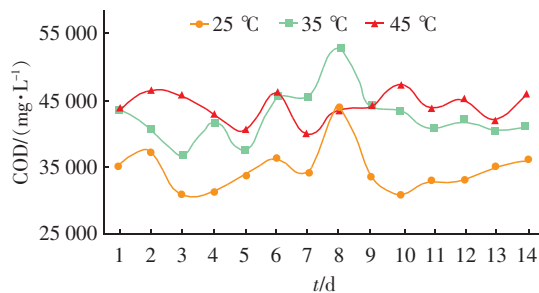


图2 淋滤液COD值变化

Fig.2 Variation of COD with time

由淋滤液COD均值可以看出,在温度从25℃升到35℃时,COD均值相差8 077.14 mg/L,水解酸化效果较好;温度从35℃升到45℃时,COD均值相差1 440.71 mg/L,温度的影响作用减弱。

2.1.2 pH值

pH值影响着垃圾的水解酸化速率,水解酸化反应需要适宜的pH值来维持系统内不同微生物的活

性。试验发现,在 25 ℃ 条件下,pH 值基本稳定在 7.0 左右,均值为 6.92;在 35 ℃ 条件下,pH 均值为 6.26;在 45 ℃ 条件下,pH 均值为 6.16。淋滤原液的 pH 值为 7.38。在不同温度条件下,淋滤液平均 pH 值均低于淋滤原液,说明垃圾水解酸化产酸,且温度越高 pH 值越低,表明高温下水解酸化速率更快。此外,在温度自 25 ℃ 上升到 35 ℃ 时,pH 值从 6.92 降到 6.26,降幅比较明显;温度从 35 ℃ 升到 45 ℃ 时,pH 值从 6.26 降到 6.16,温度的影响作用减弱。

2.1.3 VFA

淋滤液的 VFA 平均值在 8 000 ~ 14 000 mg/L 之间,远高于淋滤原液的 VFA 值(169 mg/L),即生活垃圾经机械搅拌、浸泡等作用,大量有机质水解酸化溶入淋滤液中。反应器内部温度为 25、35、45 ℃ 时,淋滤液 VFA 均值分别为 9 739.29、11 801.79、12 235.71 mg/L。赵杰红等^[5]认为,随着温度的升高,水解菌和发酵菌的生物活性增强,因此水解酸化效果更显著,从而使得液相中 VFA 浓度随温度的升高而提高。由于温度的升高会使垃圾中固态有机质水解酸化程度增大,大量的有机质溶入淋滤液中,从而使得 COD 浓度升高、pH 值降低、VFA 升高。

在温度从 25 ℃ 升至 35 ℃ 时,VFA 从 9 739.29 mg/L 升到 11 801.79 mg/L,升幅为 21.18%,而温度从 35 ℃ 升至 45 ℃ 时,VFA 升幅为 3.68%。可见,温度从 25 ℃ 升到 35 ℃ 时淋滤液 VFA 的上升幅度远大于温度从 35 ℃ 升到 45 ℃ 时的。

2.1.4 TS

TS 是指淋滤液的含固率。韩文彪等^[6]研究表明:当发酵液 TS 为 4% 时厌氧发酵效率最高,厌氧发酵过程中 pH 值适宜产甲烷菌生长,产气时间长,累积产气量最大,且甲烷含量较高;同时发酵过程中氨氮浓度升高缓慢,不会对甲烷菌造成氨抑制,对原料中有机质的降解效果明显。试验发现,3

个温度条件下 TS 平均值分别为 2.98%、4.07%、4.26%。可见,温度越高则淋滤液的 TS 越高,说明垃圾中固体物质更易溶出,更有助于生活垃圾的减量化。在 35 与 45 ℃ 条件下,TS 为 4% 左右,该含固率的液相厌氧发酵效率最高。

TS 的变化趋势与 COD、VFA 的变化趋势类似。温度从 25 ℃ 升至 35 ℃ 时,淋滤液 TS 上升幅度为 36.58%;温度从 35 ℃ 升至 45 ℃ 时,淋滤液 TS 上升幅度为 4.69%,上升趋势明显减缓。

2.1.5 VS/TS

VS 含量反映淋滤液的可生化性强弱。不同温度条件下,淋滤液 VS/TS 值随时间的变化见图 3。可知,不同温度条件下淋滤液的 VS/TS 值均很高,平均值分别为 48.80%、54.53% 和 55.75%。可见,生活垃圾经淋滤处理后的淋滤液可生化性均较好,随着温度提高,淋滤液 VS 也不断提高,表明反应温度越高越利于垃圾固相中有机质水解酸化溶入淋滤液中,更有利于淋滤后垃圾的资源化、稳定化。

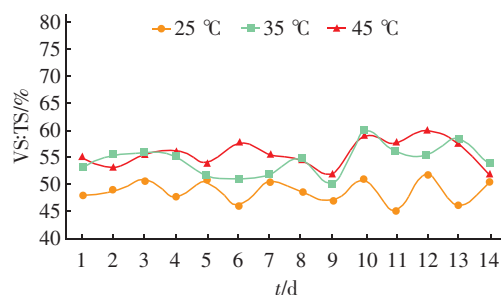


图3 VS/TS 值变化

Fig. 3 Variation of VS/TS with time

不难看出,温度从 25 ℃ 升高到 35 ℃ 时,淋滤液 VS/TS 的上升幅度为 11.74%,远大于温度从 35 ℃ 上升到 45 ℃ 时的上升幅度(2.24%)。

2.2 垃圾减量化分析

原始生活垃圾进料和淋滤反应器压榨出料的质量变化见表 1。可见,淋滤后的生活垃圾出料含水率低于 40%,有利于后续的焚烧或填埋处理^[7]。

表1 生活垃圾进出料性质

Tab. 1 Basic characteristic of feeding and discharging of municipal solid waste

| 温度/℃ | 生活垃圾进料 | | | 生活垃圾出料 | | | 垃圾湿质量 减量率/% | TS 减量 率/% | VS 减量 率/% |
|------|-----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------------|--------------|--------------|
| | 质量/kg | TS/% | VS : TS/% | 质量/kg | TS/% | VS : TS/% | | | |
| 25 | 14 469.37 | 44.40 | 61.17 | 8 778.20 | 60.19 | 57.94 | 39.33 | 17.83 | 22.10 |
| 35 | 14 619.72 | 40.75 | 58.10 | 7 105.86 | 61.12 | 55.27 | 51.40 | 27.10 | 30.65 |
| 45 | 14 480.22 | 41.77 | 59.22 | 7 095.85 | 60.99 | 56.04 | 51.00 | 28.45 | 32.29 |

从表 1 可以看出:25 ℃ 条件下,垃圾湿质量减

量率为 39.33%、TS 减量率为 17.83%、VS 减量率

为22.10%;35℃条件下,垃圾湿质量减量率为51.40%、TS减量率为27.10%、VS减量率为30.65%;45℃条件下,垃圾湿质量减量率为51.00%、TS减量率为28.45%、VS减量率为32.29%。不难发现,45℃条件下,原始生活垃圾的TS与VS减量效果最好,而温度自35℃上升到45℃,TS与VS减量提高幅度较小,垃圾湿质量减量甚至比35℃条件下减量小。

分析淋滤液与垃圾固相减量随温度的变化趋势发现,温度自35℃上升到45℃,淋滤液COD、VFA、TS、VS/TS、pH值、TS减量率、VS减量率等的变化幅度均小于温度自25℃上升到35℃时的变化幅度,考虑到实际工程处理规模较大,反应温度控制在45℃需要的能耗较高,因此确定淋滤反应的适宜温度为35℃。

3 结论

① 反应器内部温度的升高对生活垃圾淋滤效果有较大影响,淋滤液的COD、VFA、TS、VS/TS值随温度的升高而提高,淋滤液pH值随温度的升高而下降。

② 生活垃圾的减量率随着反应器内部温度的升高而提高,减量效果显著,35和45℃条件下减量率可达到51.00%以上。

③ 分析不同温度下的淋滤效果,同时考虑能耗等问题,实际工程应用中淋滤工艺的反应温度以35℃为宜。

参考文献:

- [1] 孙健. 焚烧法处理生活垃圾发展前景探析[J]. 煤炭工程,2005,(7):57-59.
Sun Jian. Comments and analysis on development outlook of residential garbage treatment with incineration method [J]. Coal Engineering,2005,(7):57-59(in Chinese).
- [2] 王琪. 我国城市生活垃圾处理现状及存在的问题[J]. 环境经济,2005,(22):23-29.
Wang Qi. Present situation and problems existing in the urban domestic waste treatment in China[J]. Environmental Economy,2005,(22):23-29(in Chinese).
- [3] 王爱莲,李少东. 我国城市生活垃圾现状及处理技术研究[J]. 西安石油大学学报:社会科学版,2012,21(2):58-63.
Wang Ailian, Li Shaocong. Research on the status and treatment technologies of city life wastes in China[J].

Journal of Xi'an Shiyou University: Social Science Edition,2012,21(2):58-63(in Chinese).

- [4] 陈晓艳,杜波. 城市生活垃圾处理技术的现状与发展趋势[J]. 内蒙古环境科学,2009,21(1):64-67.
Chen Xiaoyan, Du Bo. The current situation and development trend of municipal living garbage treatment technology[J]. Inner Mongolia Environmental Sciences,2009,21(1):64-67(in Chinese).
- [5] 赵杰红,张波,蔡伟民. 温度对厨余垃圾两相厌氧消化中水解和酸化过程的影响[J]. 环境科学,2006,27(8):1682-1686.
Zhao Jiehong, Zhang Bo, Cai Weimin. Influence of temperature on hydrolysis and acidogenesis of kitchen wastes in two-phase anaerobic digestion[J]. Environmental Science,2006,27(8):1682-1686(in Chinese).
- [6] 韩文彪,徐霞. TS对城市有机垃圾和剩余污泥联合厌氧消化的影响[J]. 可再生能源,2014,32(9):1418-1422.
Han Wenbiao, Xu Xia. Effects of TS on anaerobic digestion of municipal organic garbage and excess sludge[J]. Renewable Energy Resources,2014,32(9):1418-1422(in Chinese).
- [7] 史东晓,屈阳,潘天高,等. 菜市场垃圾预处理浆料减量化试验研究[J]. 环境工程,2014,32(6):93-96.
Shi Dongxiao, Qu Yang, Pan Tiangao, et al. Study on decrement of fragmented food from a pretreatment system for vegetable market waste[J]. Environmental Engineering,2014,32(6):93-96(in Chinese).



作者简介:钱超(1990-),男,江苏张家港人,本科,助理工程师,研究方向为固废处理。

E-mail:qianchaod@sina.com

收稿日期:2018-02-12